

Tecnologías del control remoto y la automatización:

Reseña de la experiencia del Japón en la esfera nuclear

por K. Uematsu

La participación de la energía nuclear en la producción energética total del Japón ha crecido a más del 20% y en julio de 1985 había 30 centrales nucleoelectricas en explotación. Se han construido además distintos tipos de instalaciones para el ciclo del combustible nuclear, incluidas las destinadas a enriquecimiento del uranio, fabricación de combustible, reelaboración, y tratamiento de desechos líquidos de alta actividad.

Si surgieran problemas en esas centrales, las reparaciones tomarían largo tiempo y aumentaría considerablemente la exposición de los operadores a la radiación. Por consiguiente, se han creado técnicas de control remoto para emplearlas en las zonas donde los niveles de radiación son tan elevados que impiden el acceso de los trabajadores. Los beneficios generales que ofrecen los sistemas de control remoto en las centrales nucleoelectricas son la reducción del tiempo destinado a las inspecciones ordinarias, la reducción al mínimo del personal necesario para las inspecciones y, por ende, la disminución de la exposición del personal de inspección y mantenimiento a la radiación.

En este artículo se presentan y examinan someramente algunas de las técnicas de control remoto y automatización que han desarrollado, o están desarrollando, la planta de reelaboración Tokai, la planta conexas de vitrificación de desechos líquidos de alta actividad (DLAA), y las centrales nucleoelectricas japonesas. La Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC) del Japón explota la planta de reelaboración y diseñó también la planta de vitrificación de DLAA.

La planta de reelaboración Tokai

La PNC construyó la planta de reelaboración Tokai que tiene una capacidad diaria de procesamiento de 0,7 toneladas de combustible de reactor de agua ligera. En 1977 comenzaron las operaciones en caliente y en marzo de 1985 la planta ya había elaborado 179 toneladas del metal pesado, uranio.

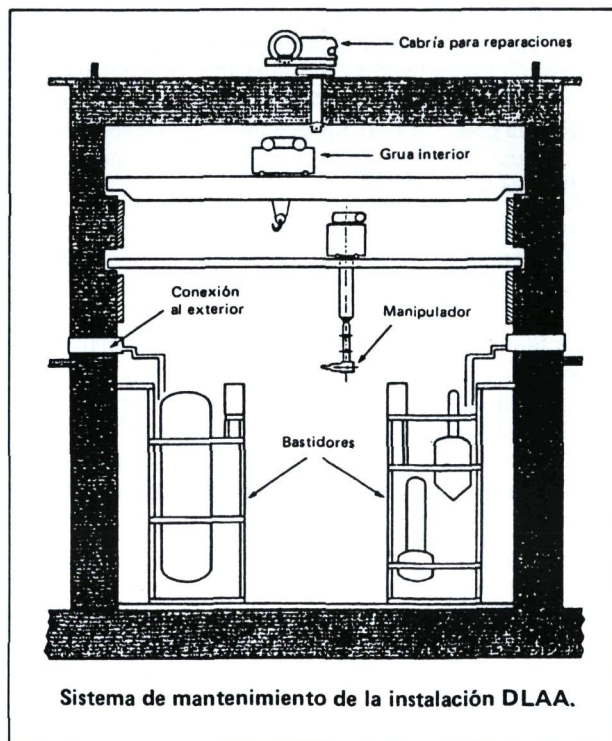
En esta planta se utilizan dos tipos de sistemas de control remoto. Se emplea un sistema de manipulación a distancia para descargar el combustible, y un sistema de mantenimiento a distancia en la fase mecánica inicial del proceso. La manipulación del combustible se realiza a distancia en una piscina de agua de refrigeración como protección contra la exposición. En este sistema se emplea un tubo telescópico y un dispositivo especial para sujetar el recipiente de combustible.

El Sr. Uematsu es Director Ejecutivo de la Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC) del Japón.

El mantenimiento del equipo mecánico que se emplea en la fase inicial del proceso se realiza a distancia mediante un manipulador de potencia, una grúa situada dentro de la celda y un manipulador a distancia; las operaciones se observan a través de ventanillas blindadas. El mantenimiento de las zonas de elaboración química se hace por contacto después de la descontaminación requerida.

Además de los sistemas mencionados, se han creado algunas técnicas o sistemas de control a distancia para contrarrestar los fallos de los equipos y cumplir los requisitos de inspección de la instalación nuclear, a saber, dispositivos de reparación a distancia para el disolvedor; equipos de inspección a distancia del interior de las celdas y un robot de descontaminación.

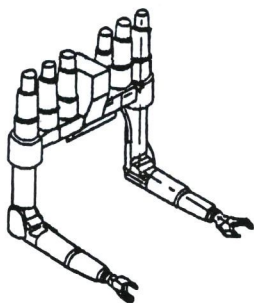
Dispositivos de reparación a distancia. Después de las fugas radiactivas ocurridas en 1982 y 1983 en dos disolvedores, se diseñaron y fabricaron dispositivos de control remoto para detenerlas. Se logró un eficaz trabajo de reparación mediante soldeo y rectificación con ayuda de un periscopio y una cámara de televisión; los resultados se verificaron mediante pruebas de penetración con tintes y de ultrasonido.



Sistema de mantenimiento de la instalación DLAA.

Especificaciones técnicas del manipulador del Prototipo II

Número de brazos: 2	Capacidad de manipulación: 15 kg
Configuración del brazo: Codos hacia abajo	Equilibrio por peso propio: eléctrico
Grado de libertad: 7 (GL)	Método de control: digital
GL bilateral: 7	Escala de desplazamiento:
Velocidad de funcionamiento:	hombro: +135° -45° (inclinación)
hombro: 40°/s (inclinación)	codo: +45° -60° (inclinación)
codo: 60°/s (inclinación)	+35° -215° (rotación)
60°/s (rotación)	muñeca: ± 45° (inclinación)
muñeca: 160°/s (inclinación)	± 45° (oscilación)
160°/s (oscilación)	± 90° (rotación)
160°/s (rotación)	tenazas: 0 90 mm
tenazas: 100 mm/s	



Manipulador del Prototipo II

Equipo de inspección a distancia dentro de las celdas.

Este sistema se creó para inspeccionar el equipo y la bandeja de goteo de la celda, cuyo acceso es difícil debido a los altos niveles de radiación. El equipo de inspección a distancia es de dos tipos: uno que se desplaza y otro provisto de varios brazos. El del primer tipo cuenta con un vehículo especialmente diseñado capaz de moverse en la bandeja de goteo. El otro posee un brazo flexible provisto de una cámara de televisión incorporada con un amplio campo de visión.

Robot de descontaminación. Al instalar un disolvedor nuevo era preciso descontaminar la celda para que el personal pudiera entrar y montar las diversas piezas. Se fabricó un robot teledirigido para que efectuara la descontaminación. Este robot tiene un brazo manipulador dotado de una tenaza capaz de sujetar una manguera de agua o cepillos para limpiar el piso y las paredes de la celda.

Sistema de control remoto para la instalación de DLAA

El inicio de la construcción de la instalación de vitrificación de desechos líquidos de alta actividad para la planta de reelaboración Tokai comenzará en 1987. El diseño pormenorizado, que se concluyó en 1984, incluye un nuevo concepto de mantenimiento a distancia de los equipos de elaboración capaz de aumentar la disponibilidad de la central y disminuir la exposición del personal.

El equipo de elaboración se instala en unos soportes ubicados a ambos lados de la pared de la celda. Las tareas de mantenimiento a distancia estarán a cargo de grúas de 20 toneladas situadas dentro de la celda, un servomanipulador avanzado de dos brazos, y un sistema de televisión. En la actualidad la PNC está trabajando en las siguientes esferas:

- Un sistema servomanipulador bilateral de dos brazos con transportador, un sistema de transmisión de señales por fibra óptica, y un sistema de televisión de alta definición y a prueba de radiación
- Un sistema modular, incluido un diseño de soportes
- Conexiones a distancia de fluidos y electricidad
- Un sistema de muestreo a distancia
- Un sistema de inspección durante el servicio.

En 1983 la PNC fabricó el primer prototipo de un servomanipulador bilateral de dos brazos; los trabajos para el manipulador de un solo brazo, el Prototipo II, comenzaron en 1984. Ya se han decidido los requisitos técnicos que ha de cumplir el Prototipo II, que se espera será utilizado en la planta de DLAA; estos requisitos figuran en el cuadro anexo.

Las tecnologías del control remoto y la automatización para las centrales nucleares

Las 30 centrales nucleoelectricas que estaban en explotación en el Japón en julio de 1985 comprendían 29 reactores de agua ligera (LWR) y un reactor refrigerado por gas (GCR). Se está desarrollando un reactor térmico avanzado (ATR).

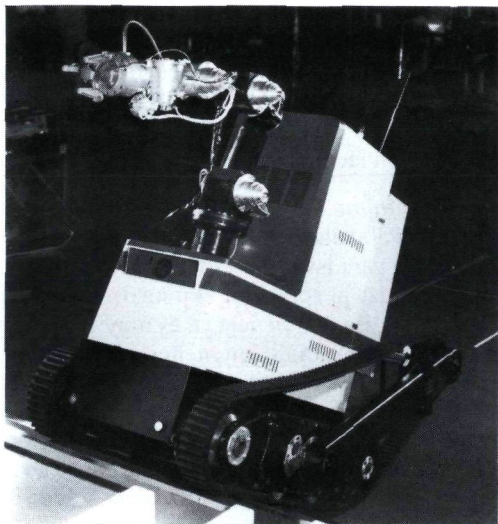
Al inicio, la tecnología de control remoto para centrales nucleoelectricas se utilizaba principalmente en los cambios de combustible. Los operadores entraban en la máquina de intercambio y la ponían en marcha mientras hacían pasar por agua el combustible agotado.

Gracias a la experiencia de explotación, desde entonces se han creado diversas máquinas automáticas y sistemas robóticos para labores de inspección y de otra índole. Se espera que los beneficios incluyan la reducción del tiempo necesario para las inspecciones regulares, la disminución de la exposición del operador a la radiación y la reducción al mínimo del personal de inspección requerido.

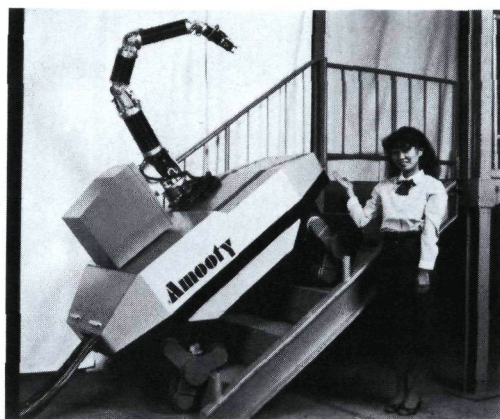
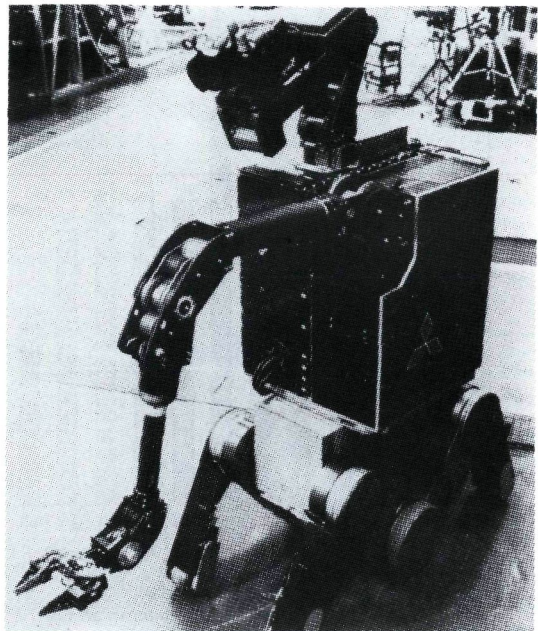
Reducción del tiempo de inspección: El Gobierno del Japón ha establecido una norma que requiere inspecciones anuales de las centrales nucleoelectricas. En las inspecciones se incluye el mantenimiento de los equipos.

A fines del decenio de 1970, la disponibilidad de las centrales nucleoelectricas era baja debido a las paradas provocadas por problemas en las centrales, así como a los crecientes requisitos de inspección y al tiempo necesario para cumplirlos. Para aumentar la disponibilidad de la central es preciso reducir al mínimo los problemas y el tiempo de inspección y para ese fin se han creado varios sistemas robóticos. Mediante la utilización de diversos robots se ha logrado reducir el tiempo requerido para las inspecciones regulares; también se ha reducido la exposición del operador a la radiación.

Exposición a la radiación: Diversos sistemas robóticos han ayudado a reducir la exposición del personal de inspección a la radiación. En el gráfico adjunto se



Estos robots de uso general fueron desarrollados por compañías japonesas para labores de inspección y mantenimiento en las centrales nucleoelectricas. La Toshiba construyó el "Amooty"; la Hitachi, el robot oruga; y la Mitsubishi, el robot de un brazo. (Cortesía de PNC)



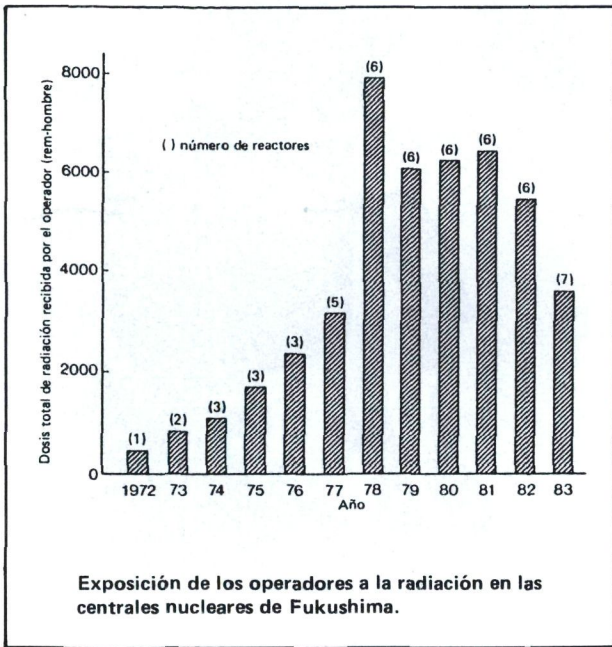
Robots de uso general desarrollados en el Japón

	Mitsubishi Heavy Industries Ltd.	Toshiba Ltd.	Hitachi Ltd.
Mecanismo de movimiento	4 pies o ruedas	Sistemas de cuatro ruedas (el sistema de ruedas consta de tres ruedas)	Oruga de forma variable
Brazo			
Grado de libertad	6 + 1 (sujeción)	8 + 1 (sujeción)	6 + 1 (sujeción)
Mecanismo propulsor	Con impulsores concentrados	Con impulsores dispersos	Con impulsores dispersos
Capacidad de manipulación	10 kg de fuerza	10 kg de fuerza	3 kg de fuerza
Operación	Brazo maestro con reflexión de fuerza		Reproducción de las instrucciones
Información visual	Televisión estéreo en blanco y negro	Televisión tridimensional	Televisión industrial
Peso total	420 kg	360 kg	300 kg

Robots especiales desarrollados en el Japón

Tipo de LWR	Clase de sistema robótico	Finalidad*		
		A	B	C
BWR	Intercambiador automático de combustible	•	•	
BWR	Accionador de la barra de control (ABC) del intercambiador automático a distancia	•	•	•
BWR	Intercambiador del detector de neutrones	•	•	
BWR	Enchufe de la tubería principal de vapor	•	•	
BWR	Máquina para el embarque del combustible	•	•	
BWR	Máquina automática de inspección por ultrasonido para inspecciones en servicio (IS)	•	•	
BWR	Equipo de descontaminación para pozos	•	•	
BWR	Equipo de descontaminación para las paredes interiores de la vasija del reactor (VR)	•	•	
BWR	Equipo automático de lavado de cofres	•	•	
PWR	Intercambiador automático de combustible	•	•	
PWR	Máquina para el embarque del combustible	•	•	
PWR	Manipulador de descontaminación en la cabina de agua del generador de vapor (GV)	•	•	
PWR	Manipulador de la cabina de agua del GV	•	•	•
PWR	Robot de prueba de corrientes parásitas del GV	•	•	•
PWR	Máquina de manipulación de la tapa de acceso del GV	•	•	
PWR	Intercambiador del ABC	•	•	•
PWR	Máquina de verificación de las tuberías por ultrasonido	•	•	

* A: Reducir la duración de las inspecciones ordinarias
 B: Disminuir la exposición de los operadores a la radiación
 C: Reducir al mínimo el número de operadores necesario



observa la reducción de la exposición del operador a la radiación en la central nucleoelectrica de Fukushima a partir de la introducción en 1978 de diversos sistemas robóticos. Durante el período 1972-1978 las exposiciones iban en aumento.

Reducción al mínimo del personal necesario: Es sumamente difícil conseguir suficientes operadores experimentados para las inspecciones ordinarias, situación que se agudiza al aumentar el número de centrales nucleoelectricas. En consecuencia, es muy importante realizar dichas inspecciones con menos operadores y más robots. En el cuadro adjunto se muestran los sistemas robóticos creados hasta el momento, incluidos los que se crearon al inicio para tareas especializadas.

La tendencia actual en la esfera de la robótica en el Japón es crear robots de uso general capaces de realizar tareas de distintos tipos en una central energética. Por ejemplo, para el mantenimiento de válvulas se precisa un robot de uso general dotado de piernas humanoides, manos flexibles y una alta fiabilidad. Tal como se muestra en el cuadro adjunto, en el Japón se han creado varios robots de uso general.

